

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ТОЧЕК КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПРИ НАГРЕВЕ-ОХЛАЖДЕНИИ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Ануфриев Н.П., Галушин В.А., Майсурадзе М.В.

Руководитель – д.т.н., проф. Юдин Ю.В.

ГОУ ВПО УГТУ-УПИ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина

Изучена кинетика фазовых превращений конструкционных сталей марок 25ХГМ, 40Х2ГНМ методом простого термического анализа.

Исследуемые образцы представляли собой пластины толщиной 4...8 мм, вырезанные из сектора трубы (сталь 25ХГМ) и из прутков, сечением 15×15 мм² (сталь 40Х2ГНМ). Стали нагревали до температуры аустенитизации 940 °С и 860 °С. Время выдержки составило 15 минут. Затем образцы охлаждали на воздухе; с печью, нагретой на 200, 400, 600, 670, 720 °С, 860 и 940 °С; в контейнере с песком, нагретом до температур 1000...1050 °С.

Значения температуры образца и времени охлаждения регистрировали по показаниям термопар типа ХА, приваренным к образцам.

По результатам проведенных экспериментов построены графики зависимости температуры образца от времени охлаждения. Для более точного определения точек начала и конца превращения проведено численное дифференцирование изменения температуры по времени. В результате были получены зависимости скорости охлаждения от времени охлаждения или от температуры образца.

По значениям критических точек исследуемых сталей построены фрагменты термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита сталей 25ХГМ и 40Х2ГНМ (рисунок 1, рисунок 2).

Сравнение результатов экспериментов (сплошные линии) с данными, полученными dilatометрическим методом (Рисунок 1, пунктирные линии) [1], доказывает достаточную точность примененного метода. Некоторое несовпадение критических точек можно объяснить различными методиками их определения. Для стали 25ХГМ характерно сужение интервалов бейнитного и перлитного превращений с уменьшением скорости охлаждения. Ферритное превращение методом простого термического анализа достоверно можно определить только при скоростях охлаждения менее 0,1 °С/с.

При охлаждении образцов стали марки 25ХГМ с печью от температуры аустенитизации 940 °С наблюдается феррито-перлитная структура (рисунок 3, а). Содержание перлита составляет 45±4 %, феррита - 55±4 %. Величина теплового эффекта перлитного превращения для данного эксперимента составляет примерно 28,1 кДж/кг. Пересчитанная удельная теплота перлитного превращения (на 100%) в данном случае составит порядка 62±2 кДж/кг, что близко согласуется с данными [2].

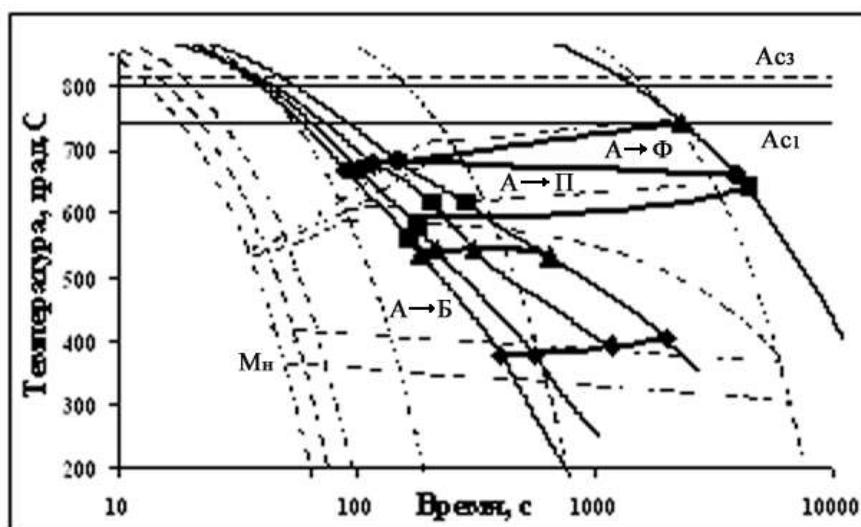


Рисунок 1 Термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита стали 25ХГМ (дилатометрия – пунктирные линии; простой термический анализ – сплошные линии); температура нагрева 940⁰С

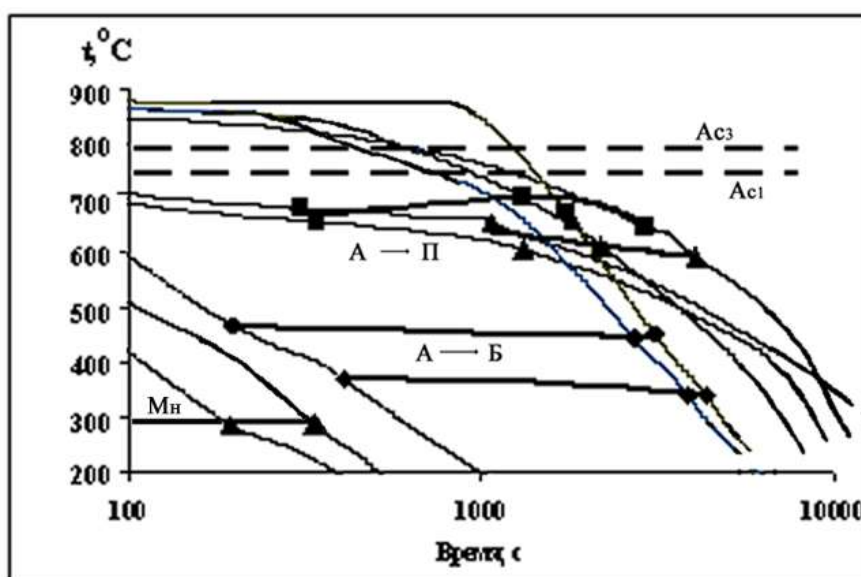


Рисунок 2 Термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита стали 40Х2ГНМ (простой термический анализ) температура нагрева 860⁰С

При охлаждении образцов из стали марки 25ХГМ на спокойном воздухе от температуры аустенитизации наблюдается гетерогенная структура, состоящая из феррита, перлита и бейнита (рисунок 3, б). Содержание перлита в структуре порядка 15...25 %, бейнита 45...55 %, феррита 25...35%. Величина теплового эффекта перлитного превращения составляет 12 кДж/кг, бейнитного превращения составила 36 кДж/кг в пересчете на реальную структурную долю. Рассчитанная удельная теплота перлитного превращения в данном случае составит порядка 62...75 кДж/кг, бейнитного 65...80 кДж/кг.

Фрагмент термокинетической диаграммы распада переохлажденного аустенита стали 40Х2ГНМ приведен на рисунке 2.

При охлаждении стали марки 40Х2ГНМ на спокойном воздухе со скоростью $1,0^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ в интервале температур $300\dots240^{\circ}\text{C}$ образуется мартенсит. Точка начала мартенситного превращения для данной стали составила $285\dots295^{\circ}\text{C}$. В интервале скоростей охлаждения $0,08\dots0,7^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ определили точки начала и конца бейнитного превращения.

При скоростях охлаждения $0,03\dots0,05^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ протекает феррито-перлитное превращение. Объемная доля перлита и феррита составила $21\pm2\%$ и $79\pm2\%$ соответственно. Величина теплового эффекта во время охлаждения для перлитного превращения составила 13 кДж/кг . Рассчитанная удельная теплота перлитного превращения в данном случае составит $61\pm6\text{ кДж/кг}$.

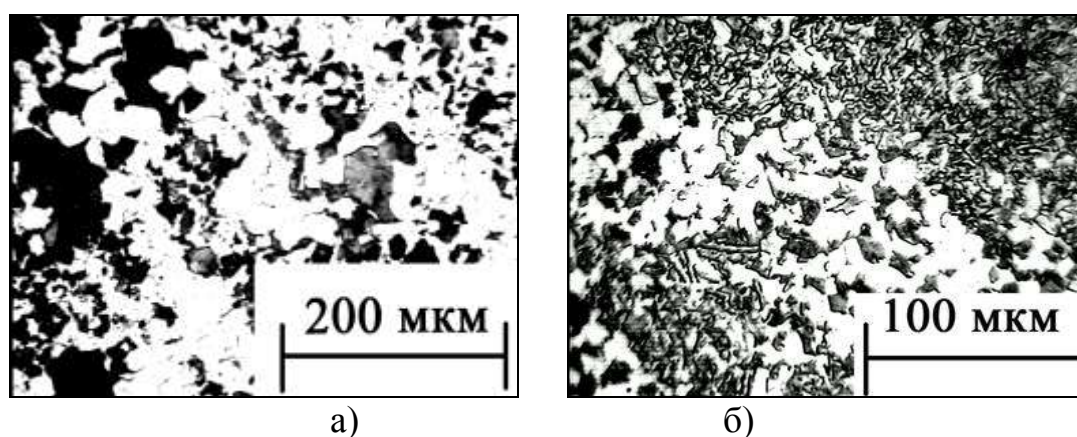


Рисунок 3 Микроструктура стали 25ХГМ

а) - охлаждение с печью от 940°C

б) - охлаждение на спокойном воздухе

1. Майсурадзе М.В. Разработка технологии термической обработки и конструкций водокапельных охлаждающих устройств: Автореф. дис... канд. техн. наук. / М.В. Майсурадзе. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. 19 с.

2. Юрьев С.Ф. Удельные объемы фаз при фазовых превращениях аустенита. М.: Издательство Металлургиздат, 1950, 248 с.